

СТЕНД ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ЕМКОСТНОЙ И ИНДУКТИВНОЙ СВЯЗИ В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ

¹Давыдов Е. И.

¹Министерство образования и науки Российской Федерации Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Институт радиоэлектроники и информационных технологий, Екатеринбург, Россия (620002, Екатеринбург, ул. Мира, 32), e-mail: dei393@yandex.ru

Проведены измерения емкостной и индуктивной связи в кабельных линиях. Стенд для измерений емкостной и индуктивной связи состоит из двух близкорасположенных кабеля: источника и рецептора помех. Источник помех подключен к генератору NI PXI-5421. Кабель – рецептор нагружен на переменный резистор 500 Ом. Первый канал осциллографа подключен к кабелю – источнику помех, второй к кабелю – рецептору. Величина емкостной и индуктивной связи оценивается коэффициентом передачи. Коэффициент передачи равен отношению амплитуды напряжения на кабеле – рецепторе к напряжению на кабеле – источнике. Для изучения влияния сопротивления нагрузки на величину емкостной и индуктивной связи измерения проводились при минимальном и максимальном положении переменного резистора. В результате проведенных измерений было установлено, что увеличение нагрузки на кабеле – рецепторе приводит к увеличению коэффициента передачи.

Ключевые слова: Электромагнитная совместимость, емкостная связь, индуктивная связь.

LABORATORY DEVICE FOR DEMONSTRATION ELECTRIC AND MAGNETIC CROSSTALK IN THE CABLE LINES.

¹Davydov E. I.

¹Ministry of Education and Science of the Russian Federation Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education «Ural Federal University name of the first President of Russia B. N. Yeltsin», Institute of Radioelectronics and Information Technologies, Yekaterinburg, Russia (620002, 32 Mira street,), e-mail: dei393@yandex.ru

We have done the measures of electric and magnetic crosstalk in the cable lines. Laboratory device for measurement consists of two closely spaced cable: the source and receptor interference. The source of interference is connected to the generator NI PXI-5421. Receptor of interference is connected to a variable resistor 500 ohms. The first channel oscilloscope is connected to the source of interference, the second is connected to the receptor. The value of electric and magnetic crosstalk is estimated by transmission coefficient. Transfer coefficient is equal relation of the voltage amplitude on the cable - receptor, to the voltage amplitude on the cable - source. Measurements were performed at the minimum and maximum position of the variable resistor. As a result of measurement, it was found that the load increasing on the cable - receptor leads to the increase of the transmission coefficient.

Key words: electromagnetic compatibility (EMC), electric-field coupling, magnetic-field coupling

Введение

Широкое использование различных электротехнических и радиоэлектронных средств приводит к возрастанию уровней электромагнитных полей, создаваемых ими в окружающем пространстве. Эти поля являются помехами для других подобных устройств, ухудшая условия их функционирования и снижая эффективность применения.

Согласно ГОСТ 50397-2011 термин «Электромагнитная совместимость» определяется, как способность технических средств одновременно функционировать в

реальных условиях эксплуатации с требуемым качеством при воздействии на них непреднамеренных электромагнитных помех и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам. [1, стр. 6]

Это понятие распространяется на методы и средства защиты технических средств от влияния непреднамеренных электромагнитных помех и ослабления таких помех в их источниках и среде распространения.

Задача обеспечения ЭМС возникла как следствие научно-технического прогресса в радиотехнике, электронике и связи по следующим причинам:

- непрерывное возрастание общего числа радиоэлектронной аппаратуры;
- недостаточное число свободных от помех радиоканалов во всех освоенных диапазонах;
- возрастание общего уровня помех от, главным образом, промышленных источников;
- усложнение функций и состава радиоэлектронной аппаратуры;

Обеспечение электромагнитной совместимости технических средств относится к одной из наиболее актуальных проблем современной техники, так как процесс развития электротехники, электроэнергетики, радиоэлектроники и средств телекоммуникаций усиливает зависимость результатов применения новых средств от условий их совместного функционирования [2, стр. 5].

В настоящей работе представлен стенд для демонстрации паразитных емкостной и индуктивной связей в кабельных линиях, влияния сопротивления нагрузки на величину этих связей.

Теоретическую основу работы составляет публикация «EMC EDUCATION MANUAL», подготовленная Education Committee of the IEEE Electromagnetic Compatibility Society [5].

Паразитная емкостная и индуктивная связь

Паразитная индуктивная связь проявляется следующим образом. Переменный ток, текущий в цепи 1, создает магнитное поле, которое на цепи 2 наводит напряжение. В данном случае цепь 1 называется источником помех (ИП), а цепь 2 – рецептором помех (РП).

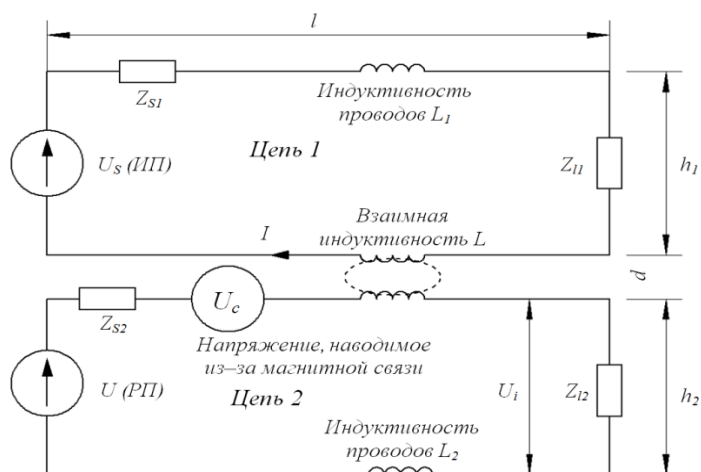


Рисунок 1 – Эквивалентная схема индуктивной (магнитной) связи между проводами

Взаимная индуктивность зависит от площади токовых контуров источника и рецептора помех, от расстояния между ними, а также от присутствия каких-либо магнитных экранов (от магнитной проницаемости среды).

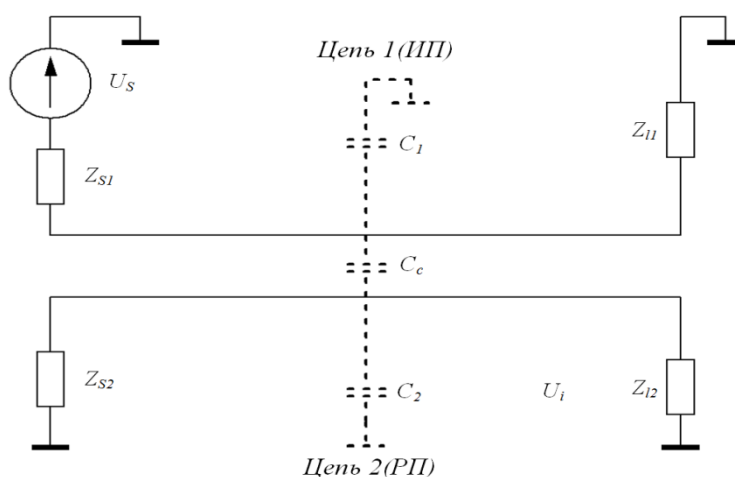


Рисунок 2 – Емкостная связь между проводами

На рисунке 2 приведена схема, которая показывает емкостную связь между двумя проводниками. Значение емкости связи зависит от расстояния между проводниками, от наличия экранирующего и диэлектрического материала.

Описание стенда

Стенд состоит из двух близкорасположенных кабеля: источника и рецептора помех. Источник помех подключен к генератору NIPXI-5421. К кабелю – рецептору подключен переменный резистор с номинальным сопротивлением 500 Ом. Переменный резистор служит для изменения величины нагрузки. Первый канал осциллографа NIPXI-5122 подключен к кабелю – источнику помех, второй к кабелю – рецептору. Симметрирующее устройство служит для подключения симметричной нагрузки к несимметричному входу генератора.

Для оценки величины емкостной и индуктивной связи служит коэффициент передачи.

Коэффициент передачи равен отношению амплитуды напряжения на кабеле – рецепторе к напряжению на кабеле – источнике:

$$K_{\pi} = \frac{U_2}{U_1}, \quad (1)$$

Схема установки для исследования емкостной связи между кабельными линиями представлена на рисунке 3.

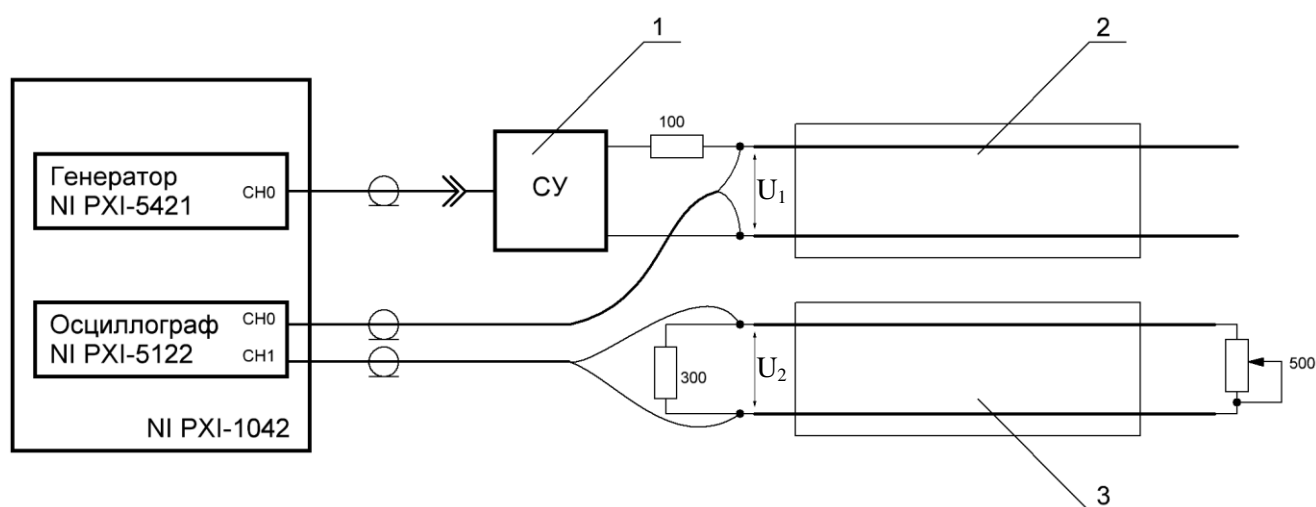


Рисунок 3 – Схема измерений коэффициента передачи при емкостной связи между кабелями: 1 – симметрирующее устройство; 2 – кабель – источник помех; 3 – кабель – рецептор помех

Для исследования индуктивной связи необходимо замкнуть проводники на дальнем конце кабеля – источника помех.

Схема установки для проведения второй части лабораторной работы представлена на рисунке 4.

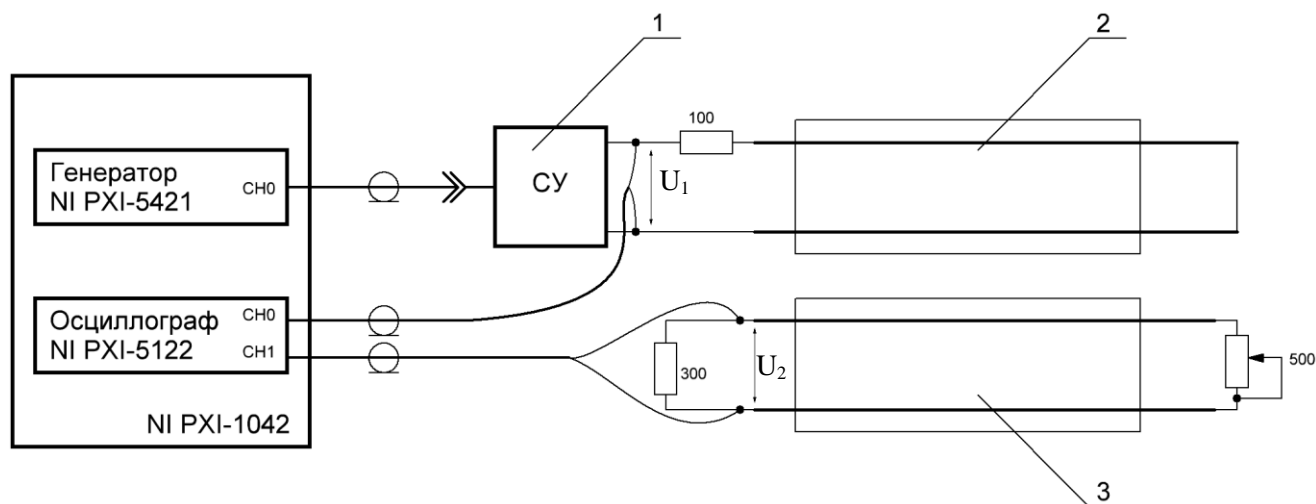


Рисунок 4 – Схема измерений коэффициента передачи при индуктивной связи между кабелями: 1 – симметрирующее устройство; 2 – кабель – источник помех; 3 – кабель – рецептор помех

Экспериментальные результаты

Для изучения влияния сопротивления нагрузки на величину емкостной и индуктивной связи измерения проводились при минимальном и максимальном положении переменного резистора.

Сопротивление второго кабеля состоит из сопротивления резистора 300 Ом и сопротивления переменного резистора 500 Ом, подключенного к нему параллельно:

$$R_{12} = R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}, \quad (2)$$

где $R_1=300$ Ом – сопротивление постоянного резистора (см. рис. 4);

R_2 – сопротивление переменного резистора;

При минимальном значении переменного резистора значение сопротивления второго кабеля равно:

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 7 \text{ Ом},$$

При максимальном значении переменного резистора значение сопротивления второго кабеля равно:

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 190 \text{ Ом},$$

Измерения напряжений проводились с помощью осциллографа NIPXI-5122 и программы NISCOPESoftFrontPanel. Осциллограммы измеренных напряжений при емкостной связи приведены на рисунке 5.

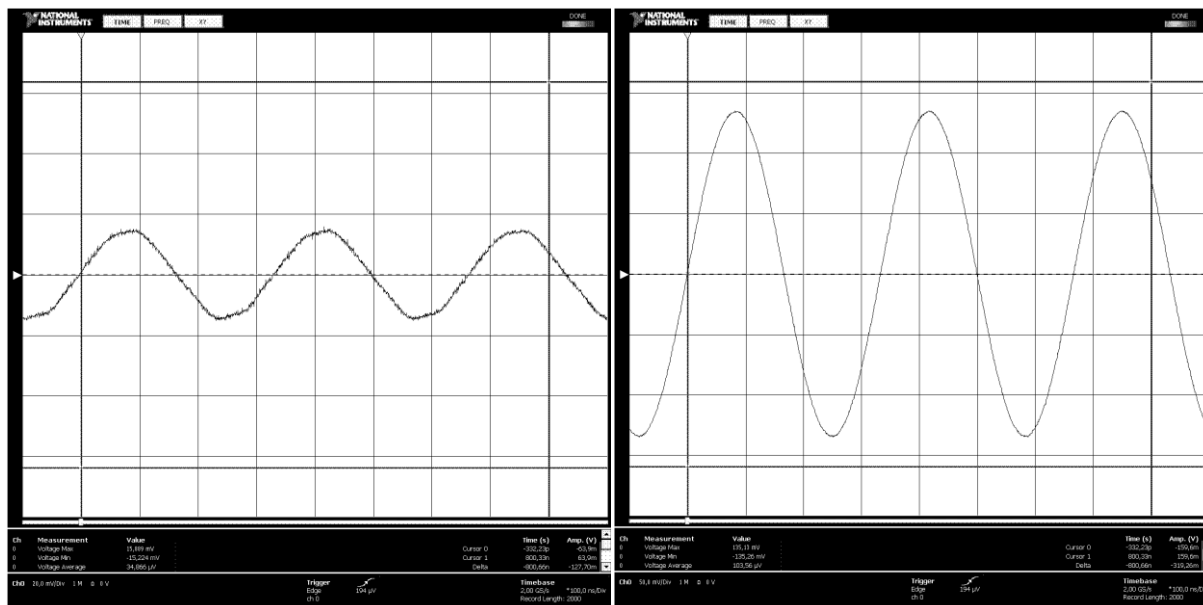


Рисунок 5 – Осциллограммы напряжений на кабеле – рецепторе: слева – при минимальном значении переменного резистора, справа – при максимальном

При проведении эксперимента с генератора NI PXI-5421 на кабель – источник помех был подан синусоидальный сигнал с амплитудой 5 В. Измерения проводились на частоте 3 МГц. Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Экспериментальные результаты

Параметр	Емкостная связь	Индуктивная связь
U_2 при минимальном сопротивлении, мВ	6,435	15,889
U_2 при максимальном сопротивлении, мВ	22,321	135,131
K_{Π} при минимальном сопротивлении	0,001287	0,003178
K_{Π} при максимальном сопротивлении	0,004464	0,027026

Заключение

В результате проведения эксперимента была обнаружена зависимость амплитуды напряжения на второй линии от амплитуды напряжения на линии, которая подключена к генератору. Величина связи между линиями зависит от величины сопротивления, подключенного ко второй линии. При увеличении сопротивления нагрузки от 7 Ом до 190 Ом, в случае емкостной связи, коэффициент передачи увеличился в 8,5 раз.

Разработанный стенд может быть использован в лабораторном практикуме для получения студентами навыков работы с измерительной аппаратурой и закрепления теоретических знаний по дисциплине «Электромагнитная совместимость устройств и систем».

Список литературы

1. ГОСТ Р 50397-2011 Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения [Текст]. – взамен ГОСТ Р 50397–92; введ. 08.12.2011. – М.: Стандартиформ, 2011. – 61 с.
2. Князев А. Д. Конструирование радиоэлектронной вычислительной аппаратуры с учетом электромагнитной совместимости [Текст] /А. Д. Князев. – М.: Радио и связь, 1989. – 224 с.: ил.
3. Седельников Ю.Е. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств: учеб. пособие / Ю.Е. Седельников. – Казань.: ЗАО «Новое знание», 2006. – 304 с.
4. Уайт Д. Р. ЭМС РЭС и непреднамеренные помехи. Внутрисистемные помехи и методы их уменьшения/ Д. Р. Уайт. – М.: Советское радио, 1977. – 347 с.
5. EMC education manual / Education Committee of the IEEE Electromagnetic Compatibility Society. – KY.: 1992. – 126 P.

List of literature

GOST P 50397-2011 Sovmestimost' tehniceskikh sredstv jelektromagnitnaja. Terminy i opredelenija, 2011, 61 p .

Knjazev A. D. Konstruirovanie radiojelektronnoj vychislitel'noj apparatury s uchetom jelektromagnitnoj sovместimosti, Radio i svjaz', 1989, 224 p.

Sedel'nikov Ju.E. Jelektromagnitnaja sovместimost' radiojelektronnyh sredstv, ZAO «Novoe znanie», 2006, 304 p.

Uajt D. R. JeMS RJeS i neprednamerennye pomehi. Vnutrisistemnye pomehi i metody ih umen'shenija, Sovetskoe radio, 1977, 347 p.

EMC education manual. Education Committee of the IEEE Electromagnetic Compatibility Society, 1992. 126 P.

